

*for 10/062, 765*  
**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**

*Japanese  
2002-081962*

(11)Publication number : 2002-081962

(43)Date of publication of application : 22.03.2002

(51)Int.Cl. G01D 5/30

(21)Application number : 2000-269622 (71)Applicant : SEIKO INSTRUMENTS INC

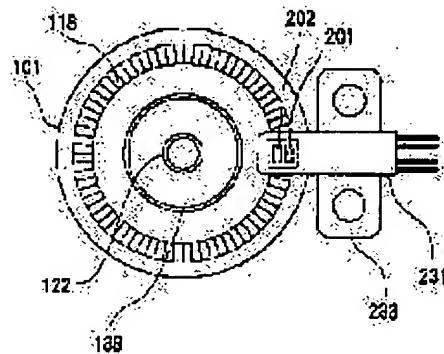
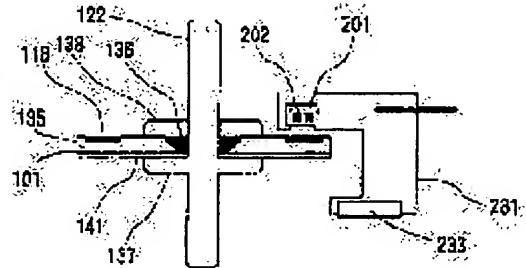
(22)Date of filing : 06.09.2000 (72)Inventor : SUZUKI MIZUAKI

**(54) ROTARY ANGLE DETECTOR**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical rotary angle detector having an encoder scale including high resolution and accuracy.

**SOLUTION:** A lattice pattern formed on the encoder scale and a shaft hole are etched by using the same photomasks or photomasks accurately locatable with each other in combination with a photolithography used to manufacture a semiconductor integrated circuit and the like and an etching method using an ion or a plasma.



**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

DERWENT-ACC-NO: 2002-399744

DERWENT-WEEK: 200243

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Rotary encoder for rotating mechanism, has  
disc shaped encoder scale in which axial hole and radial  
patterns are formed using same photo mask

PRIORITY-DATA: 2000JP-0269622 (September 6, 2000)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES MAIN-IPC		
JP 2002081962 A	March 22, 2002	N/A
007 G01D 005/30		

INT-CL (IPC): G01D005/30

ABSTRACTED-PUB-NO: JP2002081962A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - The detector has a disc shaped encoder scale (101) in which an axial hole pattern and a radial pattern are formed using same photo mask.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is included for rotary encoder manufacturing method.

USE - For detecting/controlling angular speed of rotating mechanism.

ADVANTAGE - An efficient rotary encoder which has high resolution and accuracy is realized, cheaply. Eliminates the need for manual position control during assembling and enables main production of rotary encoder.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows an example of rotary encoder.

Disc shaped encoder scale 101

----- KWIC -----

Basic Abstract Text - ABTX (4) :

ADVANTAGE - An efficient rotary encoder which has high resolution  
and  
accuracy is realized, cheaply. Eliminates the need for manual  
position control  
during assembling and enables main production of rotary encoder.

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-81962

(P2002-81962A)

(43)公開日 平成14年3月22日(2002.3.22)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

### 識別記号

F I  
G O 1 D 5/30

テ-マコ-ト(参考)

審査請求 未請求 請求項の数 4 OL (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2000-269622(P2000-269622)

(71) 出願人 000002325

セイコーインスツルメンツ株式会社  
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

(22)出願日 平成12年9月6日(2000.9.6)

(72)発明者 鈴木 瑞明

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株  
式会社エスアイアイ・アールディセンター  
内

(74) 代理人 100096378

弁理士 坂上 正明

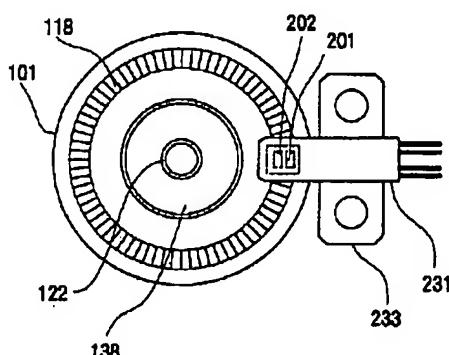
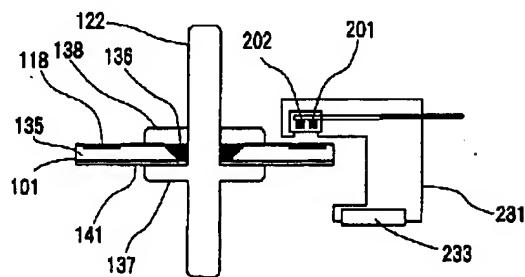
Fターム(参考) 2F103 BA05 BA06 CA03 CA06 DA01  
DA13 EA02 EA12 EA20

(54) 【発明の名称】 回転角検出装置

(57) 【要約】

【課題】 高い分解能と精度を持つエンコーダ・スケールを有する光学式回転角検出装置を提供する。

【解決手段】 半導体集積回路などの製造に用いられるフォト・リソグラフィ法と、イオン又はプラズマを用いるエッティング法を組み合わせて、エンコーダ・スケールに形成された格子パターンと軸穴部を、同一のフォトマスク、又は互いに正確に位置決め可能なフォトマスクを用いてエッティング加工を行う。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 回転軸と、

前記回転軸を貫通させる軸穴部と、この軸穴部よりも径の大きな逃げ部と、を有し、放射状のパターンが形成された円盤形状のエンコーダ・スケールと、  
前記エンコーダ・スケールの回転を検出するための、対になった発光素子と受光素子を有する検出ヘッド部と、  
を有する光学式回転角検出装置において、

前記エンコーダ・スケールの軸穴部と放射状のパターンは、同一のフォトマスク又は、互いに位置決め可能な位置合わせマークを有する複数のフォトマスクを用いて形成することを特徴とする回転角検出装置。

## 【請求項2】 前記エンコーダ・スケールは、

結晶性珪素材料を主とする第1の層と、  
酸化珪素・窒化珪素または炭化珪素などの珪素化合物を主とする第2の層と、の2層から成り、  
前記逃げ部は第1の層に、  
前記軸穴部は第2の層に形成されることを特徴とする請求項1に記載の回転角検出装置。

【請求項3】 エンコーダ・スケールの軸穴部位置を、  
フォトマスクを用いるフォト・リソグラフィ法により形成し、反応性イオン・エッティング法、イオンビーム・エッティング法又はプラズマ・エッティング法によりこれを加工し、  
軸穴部より径の大きな逃げ部を湿式のエッティング法によりエンコーダ・スケールに加工し、

放射状のパターンを、フォトマスクを用いるフォト・リソグラフィ法によりエンコーダ・スケール上に形成し、  
前記軸穴部と前記パターンは、同一のフォトマスク又は、互いに位置決め可能な位置合わせマークを有する複数のフォトマスクを用いて、エンコーダ・スケール上に形成されることを特徴とする回転角検出装置の製造方法。

【請求項4】 結晶性珪素材料を主とする第1の層と、  
酸化珪素・窒化珪素または炭化珪素などの珪素化合物を主とする第2の層と、の2層から成るエンコーダ・スケールの、第2の層に、フォトマスクを用いるフォト・リソグラフィ法により軸穴部位置を形成し、反応性イオン・エッティング法、イオンビーム・エッティング法又はプラズマ・エッティング法によりこれを加工し、  
第1の層に、珪素に対するエッティング・レートが高く、  
珪素化合物に対するエッティング・レートが低い湿式のエッティング法により軸穴部より径の大きな逃げ部を加工し、

放射状のパターンを、フォトマスクを用いるフォト・リソグラフィ法によりエンコーダ・スケール上に形成し、  
前記軸穴部と前記パターンは、同一のフォトマスク又は、互いに位置決め可能な位置合わせマークを有する複数のフォトマスクを用いて、エンコーダ・スケール上に形成されることを特徴とする回転角検出装置の製造方法。

法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回転機構を制御するために、その動作回転角度または回転速度を検出し、電気信号に変換する、一般にロータリー・エンコーダと呼ばれる光学式回転角検出装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】図9に従来の技術における回転角検出装置を、図10に従来の技術におけるエンコーダ・スケールを示す。一般にロータリー・エンコーダと呼ばれる光学式回転角検出装置は、回転軸222に結合された回転円盤型のエンコーダ・スケール203と、エンコーダ・スケールの回転を検出するための、対になった発光素子201と受光素子202を有する検出ヘッド部から構成されている。図9に示した回転検出装置は、エンコーダ・スケールの片面側に発光素子201と受光素子202を配置し、スケール表面の反射光を利用する反射型と呼ばれる形式である。

【0003】エンコーダ・スケール203には、回転角を検出するための放射状の格子パターン218（グレーティング・パターン）がスリット状に描かれている。従来のエンコーダ・スケールは、薄い金属板を用いて、エッティング法によりこの金属板に直接スリット溝を形成することで、格子パターンとしていた。しかし、この方法では、必要な強度を保つためには、エンコーダ・スケールに、たとえば0.2mm以下非常に薄い金属板を使用することができなかった。そして、このことにより、より高い分解能を得るために微細な格子パターンを形成することが困難であった。

【0004】このため、近年においては、より分解能の高いエンコーダ・スケールを作製するために、平滑なガラス円盤の表面に金属薄膜を蒸着して、この金属薄膜にフォト・リソグラフィ法により格子パターンを形成したり、シリコン・ウェハ（シリコン基板）の表面にフォト・リソグラフィ法によって格子パターンを形成したりしている。これは、平滑なガラス基板に1μm程度またはそれ以下の膜厚の金属薄膜を形成し、その金属薄膜をフォト・リソグラフィ技術およびエッティング技術により加工し、微細な格子パターンを形成する方法である。この方法によれば、線幅数μm以下の微細な格子パターンを形成することができ、たとえば直径50mm以下の小径エンコーダ・スケールにおいても、数万パルス程度の高分解能の性能を実現することができる。

【0005】エンコーダ・スケールの回転を検出するための発光素子201には、主に発光ダイオードや半導体レーザーが用いられる。受光素子202には、主にフォト・ダイオードやフォト・トランジスタが用いられる。発光素子201から発せられた光が、エンコーダ・スケール203の表面に形成された金属薄膜217の格子パ

ターン218に反射して受光素子202に達するよう  
に、発光素子201と受光素子202は並列して配置さ  
れる必要がある。したがって、図に示すように、樹脂成  
型部材等の検出ヘッド部フレーム231を用いて、発光  
素子201と受光素子202を固定・支持する構造とな  
っている。そして、この検出ヘッド部フレーム231  
は、取付板233により固定されている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】このような従来の光学  
式回転角検出装置は、エンコーダ・スケールの軸穴部に  
回転軸を差し込んで固定するのみであり、特にエンコーダ  
・スケールと回転軸の中心軸を正確に一致させるため  
の機能をそれぞれの部材に備えてはいなかった。そのため、機械加工による精度の問題で、エンコーダ・スケール  
の軸穴部の中心と格子パターンの中心と精密に一致さ  
せることは困難であり、エンコーダ・スケール203を  
高い分解能で製作しても、回転角検出装置の信号には誤  
差を生じてしまう場合があった。

【0007】回転軸を通すためのエンコーダ・スケール  
に対する穴あけ加工は、高い精度で中心位置を合わせて  
加工することが困難であるため、格子パターンの中心と  
一致させることが難しく、非常に精度の高い加工機を用  
いて慎重に作業を行っても、 $100\mu\text{m}$ 程度の誤差は避けられなかつた。したがって回転軸を組み付けた状態で  
は、結果的に精度の低いエンコーダ・スケールしか得る  
ことができなかつた。

【0008】これを防ぐために、回転軸222の直径に  
対して、エンコーダ・スケール203の軸穴部234の  
直径を大きくすることでガタを設け、組立時に、軸フランジ部237にエンコーダ・スケール203を当て、エンコーダ・スケール203を回転させて格子パターン218を顕微鏡等で観察しながら位置を調整した後、スケール固定用穴部235を用いて固定ネジ236及び固定  
リング238などで固定する方法を用いる場合もある  
が、これは熟練した作業者が時間をかけて行う必要あり、量産に適した方法でないため、製造コストが上昇し、安価な民生品の装置には用いることができなかつた。

【0009】以上のように、従来の方法においては、エンコーダ・スケールの格子パターンの中心と回転軸の中心軸が一致せず、格子パターンが偏芯したまま回転するため、高分解能のエンコーダ・スケールを用いても、エンコーダの回転に伴う偏芯量がパターンのピッチ寸法以内におさえられていないと信号に誤差が生じ、精密な回転角検出装置を作ることができなかつた。

【0010】また、装置の組立時に、エンコーダ・スケールを回転させながら熟練作業者が調整を行う方法では、量産性が著しく低かつた。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するた

めに、本発明における回転角検出装置は、回転軸と、回転軸が貫通する軸穴部を有し、放射状のパターンが形成された円盤形状のエンコーダ・スケールと、エンコーダ・スケールの回転を検出するための、対になった発光素子と受光素子を有する検出ヘッド部と、を有する光学式回転角検出装置において、エンコーダ・スケールの軸穴部と放射状のパターンは、同一のフォトマスク又は、互いに位置決め可能な位置合わせマークを有する複数のフォトマスクを用いて形成することを特徴とする。

【0012】半導体集積回路などの製造に用いられるフォト・リソグラフィ法とイオンまたはプラズマを用いるエッティング法を組み合わせ、格子パターンと軸穴部を同一のフォトマスク、または互いに正確に位置決め可能なフォトマスクを用いてエッティング加工を行えば、放射状のパターンとエンコーダ・スケールの中心位置を正確に一致させることができ、この方法で製作されたエンコーダ・スケールであれば、スケールの回転に伴う偏芯量をパターンのピッチ寸法以内に押さえることができ、精度の高い回転角検出装置が実現できる。

【0013】また、本発明における回転角検出装置は、上記発明によるエンコーダ・スケールは、結晶性硅素材  
料を主とする第1の層と、酸化硅素・窒化硅素または炭  
化硅素などの硅素化合物を主とする第2の層と、の2層  
から成り、逃げ部は第1の層に、軸穴部は第2の層に形成されることを特徴とする。

【0014】さらに本発明における回転角検出装置の製  
造方法は、エンコーダ・スケールの軸穴部位置を、フォ  
トマスクを用いるフォト・リソグラフィ法により形成  
し、反応性イオン・エッティング法、イオンビーム・エッ  
ティング法又はプラズマ・エッティング法によりこれを加工  
し、軸穴部より径の大きな逃げ部を湿式のエッティング法  
によりエンコーダ・スケールに加工し、放射状のパター  
ンを、フォトマスクを用いるフォト・リソグラフィ法に  
よりエンコーダ・スケール上に形成し、前記軸穴部と前  
記パターンは、同一のフォトマスク又は、互いに位置決  
め可能な位置合わせマークを有する複数のフォトマスク  
を用いて、エンコーダ・スケール上に形成されることを  
特徴とする。

【0015】さらに本発明における回転角検出装置の製  
造方法は、結晶性硅素材を主とする第1の層と、酸化  
硅素・窒化硅素または炭化硅素などの硅素化合物を主と  
する第2の層と、の2層から成るエンコーダ・スケール  
の、第2の層に、フォトマスクを用いるフォト・リソグラ  
フィ法により軸穴部位置を形成し、反応性イオン・エッ  
ティング法、イオンビーム・エッティング法又はプラズマ  
・エッティング法によりこれを加工し、第1の層に、硅素  
に対するエッティング・レートが高く、硅素化合物に対する  
エッティング・レートが低い湿式のエッティング法により  
軸穴部より径の大きな逃げ部を加工し、放射状のパター  
ンを、フォトマスクを用いるフォト・リソグラフィ法に

よりエンコーダ・スケール上に形成し、前記軸穴部と前記パターンは、同一のフォトマスク又は、互いに位置決め可能な位置合わせマークを有するフォトマスクを用いて、エンコーダ・スケール上に形成されることを特徴とする。

【0016】エンコーダ・スケールの材質を珪素の層と珪素化合物の層を有する構造とし、珪素化合物層に微細かつ精密な加工が可能なイオンまたはプラズマを用いたエッティング法を用いて軸穴部および格子パターンの形成加工を行い、珪素の層はエッティング速度の速い湿式エッティングを用いて軸穴部より径の大きな逃げ部を加工する。あるいは、エッティング量を制御しやすい異方性エッティング法により結晶性珪素材料に、逃げ部を形成し、次にプラズマ・エッティング法により格子パターンおよび軸穴部を形成加工する。

【0017】イオンおよびプラズマ・エッティング法は、高い精度でパターン形成加工を行うことができるが、エッティング・レートが非常に小さいため、0.3mm以上の厚みを有するエンコーダ・スケールを直接貫通する加工を行うことが困難である。そこで、まずは湿式エッティング法により珪素材料に逃げ部を形成し、次にプラズマ・エッティング法により正確なパターン形成を行う。

#### 【0018】

【発明の実施の形態】図1に、本発明における回転角検出装置の実施例を、図2に、本発明におけるエンコーダ・スケールの実施例を示す。

【0019】エンコーダ・スケール101は軸穴部143を有し、この軸穴部143に回転軸122が貫通している。そして、エンコーダ・スケール101と回転軸122は、固定リング138および接着剤136で固定されている。

【0020】エンコーダ・スケール101は、結晶性珪素材料を主とする珪素層135と、酸化珪素・窒化珪素または炭化珪素などの珪素化合物を主とする珪素化合物層141とから成る。珪素層135の逃げ部142の内径は、回転軸122の外径より大きく、珪素化合物層141の軸穴部143の内径と、回転軸122の外径は、ガタのない、例えははめ合い公差となっている。そのため、エンコーダ・スケール101と回転軸122の中心を正確に一致させることができ、偏芯が生じることがなくなっている。エンコーダ・スケール101は、軸フランジ部137に当たるように、回転軸122に挿入することで組み立てられる。

【0021】また、軸穴部143と格子パターン118を同一のフォトマスク、あるいは正確に位置決め可能な合わせパターンを有する複数のフォトマスクを用いて形成することにより、回転動作時にパターンが偏芯することなく、正確な検出が可能な回転角検出装置を作ることができる。

【0022】エンコーダ101の上下には、格子パター

ン118によりエンコーダの回転を検出する、対になつた発光素子201と受光素子202が、検出ヘッド部フレーム231に支持されている。そして、この検出ヘッド部フレーム231は、取付板233により固定されている。

【0023】図3に実施例のエンコーダ・スケールの加工方法を示す。エンコーダ・スケール101の珪素層の材料としては、半導体製造などで用いられる結晶性珪素材料であるシリコン・ウェハを利用した。

10 【0024】まず、図3(a)の珪素層(シリコン・ウェハ)135に、図3(b)のように珪素化合物層141を形成する。実施例では、0.4mmの厚さのウェハを用いた。形成方法としては、酸化珪素膜に関しては熱酸化法で形成することができるが、CVD法を用いることで、酸化珪素膜だけでなく、窒化珪素膜や炭化珪素膜も形成することができる。実施例では珪素化合物層の厚さを0.1mmとした。

20 【0025】次に、図3(c)に示すように、珪素層135に逃げ部142を湿式エッティング法により形成する。このとき、珪素と珪素化合物では化学的性質が異なるため、適切なエッティング溶液を選択することにより、珪素化合物層141のエッティング量を小さくできる。

【0026】さらに、図3(d)に示すように、珪素化合物層141に軸穴部143をイオン・エッティング法またはプラズマ・エッティング法により形成する。このとき、図8(a)に示す格子パターン242と軸穴パターン243を有する同一のフォトマスク240を用いて、軸穴部143と同時に格子パターン118を形成することにより、軸穴部143と格子パターン118の中心を正確に一致させ、精度の高いエンコーダ・スケールを作製することができる。本実施例においては、格子パターンのピッチ寸法を3μmとしたが、軸穴部の中心位置の精度は3μm以内に形成可能であり、十分な精度が得られる。

30 【0027】また、図8(b)及び図8(c)のふたつのフォトマスクを用いて、軸穴部143と同時に格子パターン118を形成することもできる。この場合には、ふたつのフォトマスクそれぞれに位置合わせマーク241を設け、これらマークの位置合わせをすることで、軸穴部143と格子パターン118の中心を一致させることができ可能となる。

40 【0028】なお、エンコーダ・スケールの反射率を向上させるために、エンコーダ・スケールの表面に金またはアルミニウムなどの金属薄膜を蒸着などにより形成する場合もある。図4と図5に別の実施例の回転角検出装置と実施例のエンコーダ・スケールを示す。

【0029】図4に、本発明における回転角検出装置の他の実施例を、図5に、本発明におけるエンコーダ・スケールの他の実施例を示す。図4における回転角検出装置のエンコーダ・スケール102は、図1と同様に、結

晶性珪素材料を主とする珪素層135と、酸化珪素・窒化珪素または炭化珪素などの珪素化合物を主とする珪素化合物層141とから成っている。このエンコーダ・スケール102の表面に形成された格子パターン118は、蒸着された金属薄膜をフォト・リソグラフィ法により形成されたものである。

【0030】この場合も、上記実施例と同様に、図8に示すような、同一のフォトマスク240や、マスク合わせマークを有した複数のフォトマスクを用いて、格子パターン118と軸穴部143を形成することで、精度の高いエンコーダ・スケールを作製することができる。蒸着した金属薄膜を用いるため、更に微細なパターンを形成することが可能となり、エンコーダ・スケールの分解能を向上させることができる。

【0031】図6には、エンコーダ・スケールの他の加工方法を示す。図3の実施例に対し、格子パターン118が逃げ部142の裏面となる珪素化合物層141側に形成されているものである。このように、格子パターン118と逃げ部142の位置関係は、任意とすることも可能である。

【0032】次に、図7に本発明における回転角検出装置の他の実施例を示す。図7において、エンコーダ・スケール103は単結晶珪素材料144（シリコン・ウェハ）を用いて作られている。実施例では、厚さ0.5mmのシリコン・ウェハを用いた。まず、両面研磨された円盤形状の単結晶珪素材料144に、異方性エッチング法により逃げ部142を形成する。異方性エッチング法は、エッチング時間によりエッチング深さを容易に制御できるため、材料を貫通することなく底部が平坦な逃げ部142を形成することが可能である。実施例では逃げ部142の深さを0.4mmとした。

【0033】次に、逃げ部142を形成した面の反対の面に格子・パターン118および軸穴部を形成した。上記実施例と同様に、図8に示すような、同一のフォトマスク240や、マスク合わせマークを有した複数のフォトマスクを用いて、形成することで、精度の高いエンコーダ・スケールを作製することができる。

[0034]

【発明の効果】上述したように、本発明によれば、高い分解能と精度を有するエンコーダ・スケールを作ることが可能となり、高性能の回転角検出装置を比較的安価に実現することができる。また、装置の組立時に、手間のかかる位置調整を行う必要もなくなり、量産性が大幅に向上する。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】本願発明における回転角検出装置の実施例である。

【図2】本願発明におけるエンコーダ・スケールの実施

例である。

【図3】本願発明におけるエンコーダ・スケールの加工方法の実施例である。

#### 【図4】本願発明における回転角検出装置の他の実施例である。

【図5】本願発明におけるエンコーダ・スケールの他の実施例である。

【図6】本願発明におけるエンコーダ・スケールの加工方法の他の実施例である。

10 【図7】本願発明における回転角検出装置の他の実施例である。

【図8】本願発明におけるフォトマスクの実施例である。

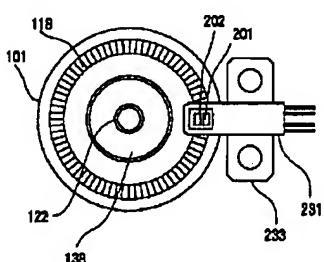
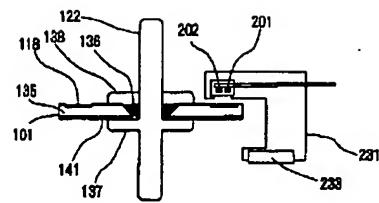
【図9】従来技術における回転角検出装置を示す。

【図10】従来技術におけるエンコーダ・スケールを示す。

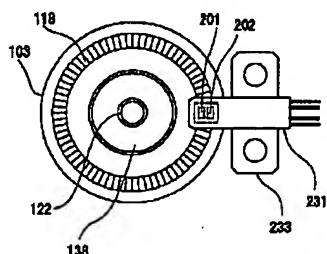
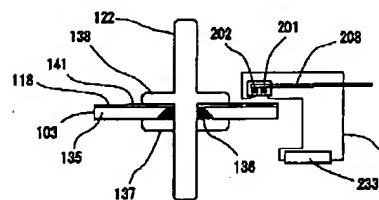
## 【符号の説明】

101 エンコーダ・スケール  
 102 エンコーダ・スケール  
 103 エンコーダ・スケール  
 118 格子パターン  
 122 回転軸  
 135 硅素層  
 136 接着剤  
 137 軸フランジ部  
 138 固定リング  
 141 硅素化合物層  
 142 逃げ部  
 143 軸穴部  
 144 単結晶性硅素材料  
 201 発光素子  
 202 受光素子  
 203 エンコーダ・スケール  
 217 金属薄膜  
 218 格子パターン  
 222 回転軸  
 231 検出ヘッド部フレーム  
 233 取り付け板  
 234 軸穴部  
 235 スケール固定用穴部  
 236 固定ネジ  
 237 軸フランジ部  
 238 固定リング  
 240 フォトマスク  
 241 位置合わせマーク  
 242 格子パターン  
 243 軸穴パターン

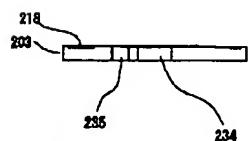
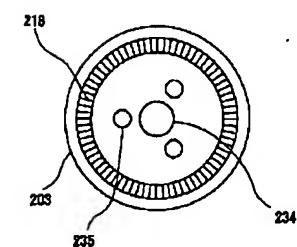
【図1】



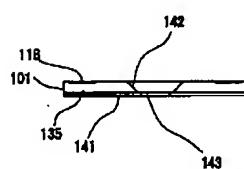
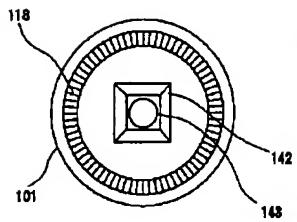
【図4】



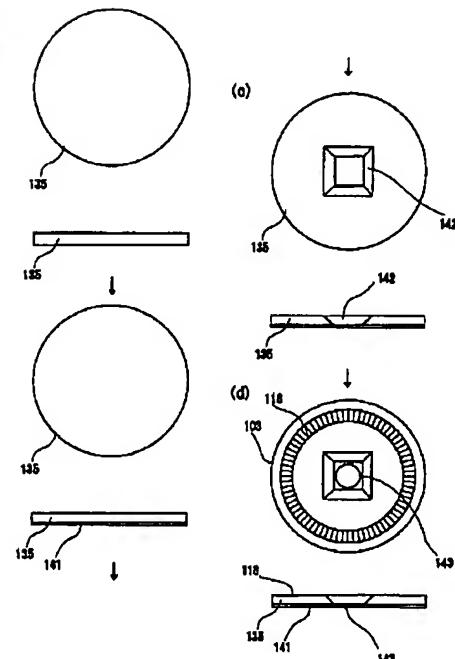
【図10】



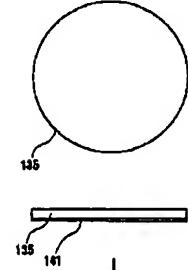
【図2】



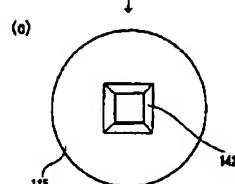
(a)



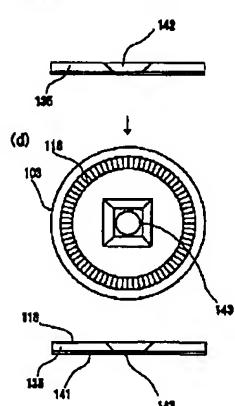
(b)



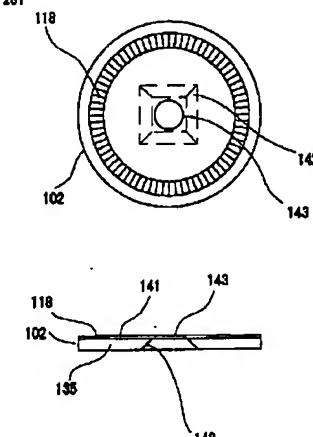
(c)



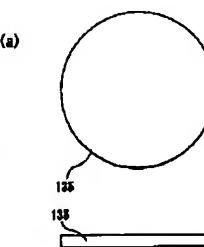
(d)



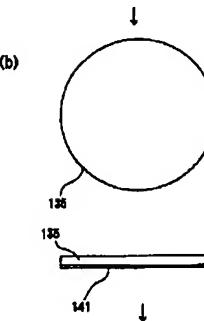
【図5】



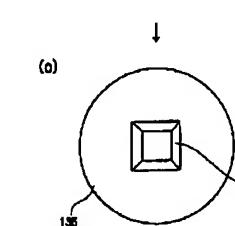
(a)



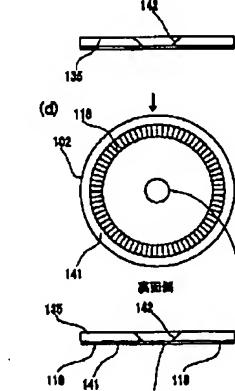
(b)



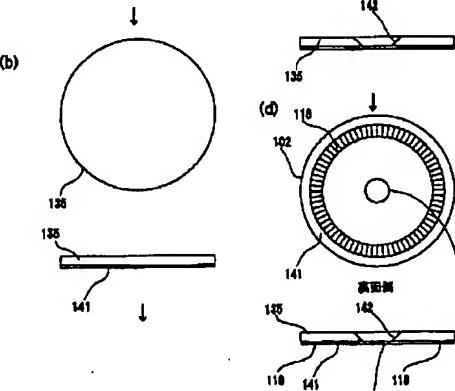
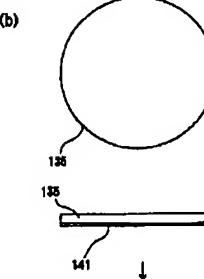
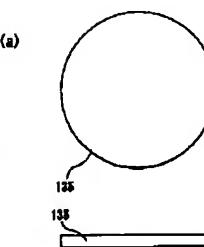
(c)



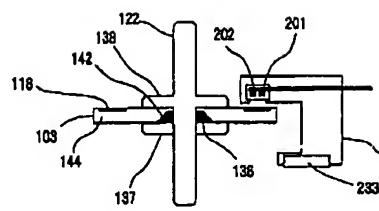
(d)



【図6】



【図7】



【図8】

